

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-220378

(43)Date of publication of application : 30.08.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/32

(21)Application number : 07-028497

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO  
LTD:THE  
SHIRAISHI KAZUO  
MATSUMURA KAZUHITO

(22)Date of filing : 16.02.1995

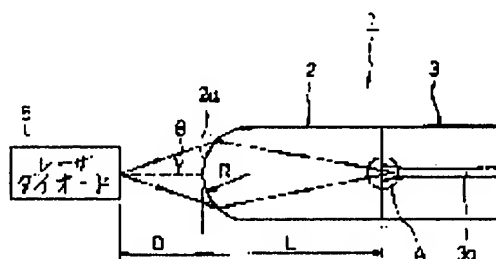
(72)Inventor : SHIRAISHI KAZUO  
MATSUMURA KAZUHITO  
KOYAMA NAOTO  
OISHI ISAMU  
SUGA SHIGERU

## (54) FIBER WITH LENS

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a fiber with a lens which is small in the number of constituting parts, easy in center alignment, has a large working distance and tolerance and is stable in coupling efficiency by adopting the constitution formed by connecting a coreless fiber and a core enlarged fiber expanded in the core diameter at one end with the other end of this coreless fiber and the one end of this core enlarged fiber.

CONSTITUTION: This fiber 1 with the lens is constituted by connecting the coreless fiber 2 which is formed by working one end of a coreless fiber having an isotropic refractive index to a convex curve and the core enlarged fiber 3 which is enlarged in the core diameter at one end with the other end of the coreless fiber 2 and the one end of the core enlarged fiber 3. The coreless fiber 2 converges the exit light from the optical element by the lens effect of the convex curved face and emits this light to the one end of the



core enlarged fiber 3. The core enlarged fiber 3 is enlarged in the outside diameter of the core at one end and, therefore, the light emitted from the coreless fiber 2 is made incident thereon. Then, the alignment is easy and the coupling efficiency is stabilized.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.03.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-220378

(43) 公開日 平成8年(1996)8月30日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 2 B 6/32

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/32

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-28497

(22) 出願日 平成7年(1995)2月16日

特許法第30条第1項適用申請有り 1994年8月19日 社  
団法人電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会技術  
研究報告信学技報 Vol. 94 No. 197」に発表

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(71) 出願人 390030878

白石 和男

埼玉県北葛飾郡鷺宮町大字西大輪868

(71) 出願人 593001495

松村 和仁

栃木県宇都宮市若草2丁目1番12号 若草

第二住宅1-8号

(72) 発明者 白石 和男

埼玉県北葛飾郡鷺宮町大字西大輪868番地

(74) 代理人 弁理士 長門 侃二

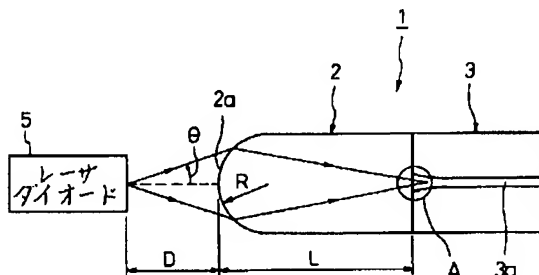
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンズ付きファイバ

(57) 【要約】

【目的】 構成部品数が少なく部品相互間における調心が容易で、組み立てられるモジュールの大型化を抑えられ、作動距離を大きくとることができ、光軸と直交する方向における公差が大きいうえ、結合効率が安定したレンズ付きファイバを提供する。

【構成】 レンズ付きファイバ1は、コアのない等方性の屈折率を有するファイバの一端を凸曲面に加工したコアレスファイバ2と、一端のコア径が拡大されたコア拡大ファイバ3とが、コアレスファイバの他端とコア拡大ファイバの一端とで接続されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアのない等方性の屈折率を有するファイバの一端を凸曲面に加工したコアレスファイバと、一端のコア径が拡大されたコア拡大ファイバとが、前記コアレスファイバの他端と前記コア拡大ファイバの一端とで接続されたことを特徴とするレンズ付きファイバ。

【請求項2】 前記コアレスファイバの凸曲面は、加熱処理により球面状に加工されている、請求項1のレンズ付きファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レンズ付きファイバに関する。

【0002】

【従来の技術】各家庭への光ファイバ網の展開に伴い、光半導体素子と光ファイバとの間を、光エネルギーの転移効率である結合効率を高い条件の下に結合する技術の開発が望まれている。従来、光半導体素子と光ファイバとを結合する方法としては、光素子と光ファイバとの間にマイクロレンズを1枚あるいは2枚配置して結合する方

法、あるいは、先端側に向かって漸縮するコアのある光ファイバの先端を球状に加工した先球ファイバを用いて光素子と結合する方法が知られている

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、マイクロレンズを用いた前記第一の方法は、結合効率が比較的高くとれる利点がある反面、光素子、レンズ及び光ファイバ相互間における光軸合わせ（調心）が煩雑となるうえ、これら必須構成部品によって構成されるモジュールが大型化してコスト高となるという問題があった。

【0004】一方、光素子、例えば、一般的な半導体レーザーでは、30度程度の角度で出射した光は光ファイバのコアから外れ、コアに入射しない。このため、先球ファイバを用いた前記第二の方法では、先端を球状に加工したレンズ効果を利用して光素子からの出射光を集光すると共に、結合効率を高めるために光素子と光軸方向の距離（以下、「作動距離」という）を可能な限り接近させている。例えば、シングルモードファイバ（以下、「SMF」と記す）の場合、作動距離を5〜10μm程度とすると光素子と結合するが、熱によるファイバの伸縮で光素子を破壊する危険性が高いという問題があった。

【0005】しかも、上記いずれの方法でも、光軸と直交する方向における公差（トレランス）が非常に小さく、調心後の固定の際に各構成部品相互間で位置がずれ、結合効率が変動し易いという問題もあった。本発明は上記の点に鑑みてなされたもので、構成部品数が少なく部品相互間における調心が容易で、組み立てられるモジュールの大型化を抑えられ、作動距離を大きくとることができ、光軸と直交する方向における公差が大きいう

え、結合効率が安定したレンズ付きファイバを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のレンズ付きファイバは、コアのない等方性の屈折率を有するファイバの一端を凸曲面に加工したコアレスファイバと、一端のコア径が拡大されたコア拡大ファイバとが、前記コアレスファイバの他端と前記コア拡大ファイバの一端とで接続された構成としたのであ

る。

【0007】好ましくは、前記コアレスファイバの凸曲面は、加熱処理により球面状に加工する。

【0008】

【作用】コアレスファイバは、光素子からの出射光を凸曲面のレンズ効果で収束し、コア拡大ファイバの一端に出射する。このとき、コアレスファイバは、コアがなく等方性の屈折率を有しているため、光素子との間の距離が離れても、ファイバの径、屈折率及び凸曲面の形状で決まる軸心に対して所定角度の範囲内の光が入射する。

【0009】コア拡大ファイバは、一端のコア外径が拡大していることから、コアを拡大していない光ファイバの場合に比べ、コアレスファイバから出射される光が広範囲で入射する。従って、コアレスファイバは、凸曲面から入射した光が、コア拡大ファイバの拡大したコアに対応する開口数に適合した角度で収束するように、凸曲面の形状、屈折率及び長さを決める。また、コア拡大ファイバは、一端をコアのドーナツが拡散するように加熱し、コアの径が拡大するように加工する。

【0010】このとき、等方性の屈折率を有するコアレスファイバの素材としては、アクリル樹脂、シリコーン樹脂等の合成樹脂や、石英、光学ガラス等が使用できる。一方、コア拡大ファイバとしては、通常のシングルモードファイバ等が使用できる。コアレスファイバは、合成樹脂を素材として使用したときには、コア拡大ファイバと光学接着剤を用いた接着によって接続する。コアレスファイバとコア拡大ファイバとの接続は、両素材がガラスの場合にはアーク放電等による融着接続が簡便である。

【0011】一方、コア拡大ファイバ内を伝送されてくる光は、上記と逆の経路を通過して光素子に入射する。また、コアレスファイバの凸曲面を、加熱処理により球面状に加工すると、マイクロトーチやアーク放電が使用でき、加工が容易である。

【0012】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1乃至図12に基づいて詳細に説明する。レンズ付きファイバ1は、図1に示すように、コアレスファイバ2とコア拡大ファイバ3とを接続したもので、図示のように、光素子、例えば、レーザダイオード5と作動距離Dにおいて対向配置して使用される。

【0013】コアレスファイバ2は、石英等からなるコアのない等方性の屈折率を有するファイバの一端を加熱処理して凸曲面2aに加工し、他端を軸に直交する平面で切断した所定長さLのファイバである。ここで、コアレスファイバ2は、凸曲面2aを球面よりも非球面に加工した方が結合効率を高めるうえでは有効である。コア拡大ファイバ3は、SMFの一端をコア3aのドーパントが拡散するように加熱し、コア3aの径が外方に向かって拡大するように加工したいわゆるTEC(Thermal Expanded-Core)ファイバである。

【0014】以上のように構成されるレンズ付きファイバ1は、以下のようにして製造される。まず、SMFの一端を加熱して、コアのドーパントを拡散させ、コアの径が外方に向かって拡大したTECファイバを作製し、コアが最大に拡大した部分で切断して図3(a)に示すコア拡大ファイバ3を得た。

【0015】次に、コア拡大ファイバ3に、同じ直径を有する石英製のコアレスファイバ2の一端を融着接続した後、所定長さLに切断し、図3(b)に示す形状とした。次いで、図3(c)に示すように、切断面近傍で放電加工を施してコアレスファイバ2の一端を凸曲面に加工し、図1に示すレンズ付きファイバ1を製造した。

【0016】以上のように構成される本発明のレンズ付きファイバ1に関し、製造の容易さ等を考慮し、コアレスファイバ2の凸曲面2aを曲率半径Rの球状とした場合について、高い結合効率を得るための結合特性を規定する構造パラメータを幾何光学的手法に基づいてモデル的に解析した。即ち、コア拡大ファイバ3に関し、図2に示すコア3a端面における光線の入射角 $\phi$ (degree)と光軸Laから測定した入射位置h( $\mu\text{m}$ )との関係を、レーザダイオード5端面からの光線の出射角 $\theta$ (図1参照)をパラメータとし、コアレスファイバ2の屈折率を1.45、光線の波長を1.3 $\mu\text{m}$ とにおいて、作動距離D( $\mu\text{m}$ )、コアレスファイバ2の長さL( $\mu\text{m}$ )及び曲率半径R( $\mu\text{m}$ )をそれぞれ変化させて解析した。この結果を、図5乃至図7に示す。各図において、出射角 $\theta$ は1°ごとに变化させてプロットしてある。

【0017】図5乃至図7において、レーザダイオード5から出射される光線の出射角 $\theta$ を変化させたときに、コア拡大ファイバ3における入射位置hが有限の値になるのは収差による。上記各図から明らかなように、出射角 $\theta$ の絶対値 $|\theta|$ が小さいときは、 $\theta$ の変化に対するコア拡大ファイバ3への入射角 $\phi$ の絶対値 $|\phi|$ は小さいままなのに対し、入射位置hの絶対値 $|h|$ が大きくなる傾向が見られる。また、図6から明らかなように、コアレスファイバ2の曲率半径R及び作動距離Dを一定とすると、出射角 $\theta$ が $-10^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$ の範囲では、コアレスファイバ2の長さLに関係なく入射角 $\phi$ の値が略一定である。従って、本発明のレンズ付きファイバ1において、結合特性を規定する構造パラメータは、主に

作動距離D及び曲率半径Rであることが分かった。

【0018】このように、レーザダイオード5から出射した光線が、コア拡大ファイバ3に結合するためには、入射位置h及び入射角 $\phi$ はある一定の範囲の値でなければならない。そこで、標準的なSMFとして、入射角 $\phi$ が $|\phi| \leq 4.8^\circ$ 、入射位置hが $|h| \leq 4.0\mu\text{m}$ のSMFと、コア拡大ファイバとして、入射角 $\phi$ が $|\phi| \leq 1.2^\circ$ 、入射位置hが $|h| \leq 16.8\mu\text{m}$ のコア拡大(TEC)ファイバとを仮定し、解析結果に基づく図7の曲率半径R=75 $\mu\text{m}$ の場合の線にSMFとコア拡大ファイバの入射角 $\phi$ と入射位置hとの範囲を四角形で表示し、図8にそれぞれSMF及びTECとして示した。

【0019】図8に示したように、SMFは、コア拡大(TEC)ファイバと比較すると、入射角 $|\phi|$ が大きく、入射位置 $|h|$ が小さい傾向がある。従って、図5～図7に示す解析結果に基づいて判断すると、SMFを用いたレンズ付きファイバではあまり多くの光線を受光することができないことがわかる。これに対して、コア拡大ファイバを用いたレンズ付きファイバは、レーザダイオード5から出射される光線をSMFを用いたレンズ付きファイバよりも大きな出射角 $|\theta|$ まで受光でき、広範囲の出射角 $\theta$ に対応できるので、結合効率がSMFを用いたレンズ付きファイバよりも高くなることが期待される。

【0020】ここで、コア拡大ファイバにおいては、伝搬される光の正規化周波数が保存されるので、最大受光角とコア径の積は、コアの拡大率とは無関係に一定である。従って、図8において、SMFとコア拡大ファイバの入射角 $\phi$ と入射位置hとの範囲によって決まる長方形の面積は等しい。以上の解析結果から、コアレスファイバとコア拡大ファイバとを、作動距離D=150 $\mu\text{m}$ 、曲率半径R=75 $\mu\text{m}$ 及び長さL=1000 $\mu\text{m}$ の設計値に基づいて融着接続し、レーザダイオード5からスポットサイズの大きな光線を出射すれば、高い結合効率のレンズ付きファイバが得られることが期待される。

【0021】次に、上記設計値に基づき、図3に示した手順に従ってレンズ付きファイバを製造した。まず、SMFの一端を加熱して、コアのドーパントを拡散させ、コアの径が外方に向かって拡大したTECファイバを作製し、コアが最大に拡大した部分で切断して外直径が125 $\mu\text{m}$ の図3(a)に示すコア拡大ファイバ3を得た。ここで、コア拡大ファイバ3は、光の波長が1.49 $\mu\text{m}$ のときのスポット半径が21.5 $\mu\text{m}$ なるように、コアを本来の値の約4倍に拡大した。

【0022】次に、コア拡大ファイバ3に、同じ直径を有する石英製のコアレスファイバ2の一端を融着接続した後、上記設計値に従って長さL=980 $\mu\text{m}$ に切断し、図3(b)に示す形状とした。次いで、図3(c)に示すように、切断面近傍で放電加工を施してコアレスファイバ2の一端を曲率半径R=75 $\mu\text{m}$ の球面に加工

し、図1に示すレンズ付きファイバ1を製造した。

【0023】このようにして製造したレンズ付きファイバ1に関し、作動距離Dの変化に対する結合損失(dB)の変化を、図4に示す座標系に基づいて測定した。図4に示す座標系において、レーザダイオード5は、ファールドパターン(FFP)における全幅半値(FWHM)が、それぞれ接合面の垂直方向(x)で23°及び水平方向(y)で18°のものをを用い、出射光の波長は1.49μmであった。ここで、結合損失は、レーザダイオード5からの直接出射光量に対するコア拡大ファイバ3の他端からの出射光量をdB値で測定して求めた。

【0024】作動距離Dに対する結合損失(dB)の測定結果を図9に○印で示す。図9から明らかなように、作動距離Dが160μmと大きくても、比較的低い結合損失4.2dBが得られ、先球ファイバを用いる従来の場合に比べ、作動距離を10倍以上とすることができるとが分かった。また、幾何光学に基づく結合損失及び波動光学に基づく結合損失の計算結果を、それぞれ実線LRT、LWTとして図9に併記した。

【0025】ここで、幾何光学に基づく結合損失は、レーザダイオード5端面からの光線の出射角θに応じてガウス型の重みを乗じ、コア拡大ファイバ3のコア領域に臨界角以下で入射する光線を積分して求めた。このとき、レーザダイオード5の全幅半値は、接合面の垂直方向(x)及び水平方向(y)において共に21°と等しく設定し、計算においては子午線光線を仮定した。

【0026】その結果、図9に示すように、幾何光学に基づく結合損失は、前記設計値D=150μmよりも大きい方で実測結果と良く一致した。この場合、レーザダイオード5やコア端における光線のスポット径を考慮していないため、高精度の計算とは言い難いが、幾何光学に基づいて簡便に結合損失の概略値を得られることが分かった。

【0027】一方、波動光学に基づく結合損失は、レーザダイオード5及びコア拡大ファイバ3のコア端面からガウス波が出射していると考え、レーザダイオード5から出射される光線の放射界がコアレスファイバ2の凸曲面2aを通過直後に作る界と、コア拡大ファイバ3から出射される光線が凸曲面2aで作る仮想放射界との重畳積分により求めた。但し、前記実測値及び幾何光学によって求めた前記計算結果と異なり、この計算においては凸曲面2aにおける球面収差が考慮されていない。

【0028】次に、本発明のレンズ付きファイバ1の製造において問題となるミスアラインメントに対する許容特性を調べた。作動距離D=160μmのときの軸ずれに関する結合損失及び傾斜に関する結合損失として測定し、軸ずれに関する結合損失を図10に、また、図4に示すx方向(垂直方向)、即ち、x-z平面内の傾斜及びy方向(水平方向)であるy-z平面内における傾斜

に関する結合損失をそれぞれ図11、12に示した。

【0029】ここで、図11、12には、x方向及びy方向の傾斜に関する結合損失の測定に際して最適化処理を施した場合(図中◇印)と、最適化処理を施さなかった場合(図中○印)とを示した。最適化処理は、先ず、レンズ付きファイバ1とレーザダイオード5との光軸を合わせた状態で、ファイバ1を光軸に対して角度θtxあるいは角度θty傾斜させ、測定した結合損失をそれぞれ最適化処理を施さない場合のx方向及びy方向の値とした(図中○印)。次に、ファイバ1を傾斜させた角度θtxあるいは角度θtyを保持した状態で、結合損失が最小となるようにファイバ1を平行移動し、最小値の結合損失をそれぞれ最適化処理を施した場合のx方向及びy方向の値とした(図中◇印)。

【0030】そして、図9乃至図12に示す実測値に基づいて、最大の光出力が得られた最適結合状態から結合損失が1dB増加したときの作動距離D、軸ずれ量及び傾斜量の範囲をそれぞれ公差(トレランス)として求めた。その結果、作動距離Dの公差TD、x方向(垂直方向)の軸ずれ量dx及びy方向(水平方向)の軸ずれ量dyに関する公差TL、x方向の角度θtx及びy方向の角度θtyに関する傾斜の公差TTは、それぞれTD=±17μm、TL=±1.3μm及びTT=±0.4°であり、従来の一般的な先球ファイバよりも公差を大きくとることができた。

【0031】尚、上記実施例においては、コアレスファイバ2は一端を凸曲面を球面状に加工した場合について説明したが、凸曲面であれば凸放物面や凸楕円面等の非球面であってもよい。

【0032】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、構成部品数が少なく部品相互間における調心が容易で、組み立てられるモジュールの大型化を抑えられ、作動距離を大きくとることができ、光軸と直交する方向における公差が大きいうえ、結合効率が安定したレンズ付きファイバが提供される。

【0033】このとき、コアレスファイバの凸曲面は、加熱処理により球面状に加工するので、マイクロトーチやアーク放電を使用することができ、容易に加工することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレンズ付きファイバの構成並びに使用例を示す正面図である。

【図2】図1のA部を拡大して示した拡大図である。

【図3】図1のレンズ付きファイバの製造方法を示す説明図である。

【図4】図1のレンズ付きファイバに関する結合損失の測定に用いた座標系を示す斜視図である。

【図5】図1のレンズ付きファイバのコア拡大ファイバへの入射角φと入射位置hに関する作動距離依存性に関

7

する解析結果を示す作動距離特性図である。

【図6】同じく、コアレスファイバの長さ依存性に関する解析結果を示す長さ特性図である。

【図7】同じく、コアレスファイバの凸曲面を球面状としたときの曲率半径依存性に関する解析結果を示す曲率半径特性図である。

【図8】標準的なSMFとコア拡大ファイバとの、入射角 $\phi$ と入射位置 $h$ とに関する有効集光範囲を示す集光特性図である。

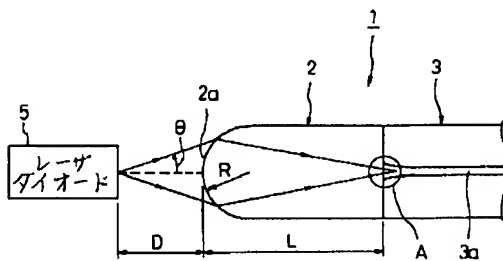
【図9】作動距離の変化に対する結合損失の変化を示す変化特性図である。

【図10】光軸に直交する方向の軸ずれに関する結合損失を示す結合損失図である。

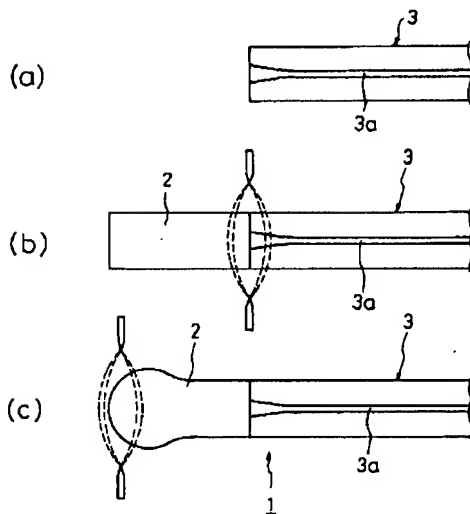
【図11】x方向の傾斜に関する結合損失を示す結合損失図である。

【図12】y方向の傾斜に関する結合損失を示す結合損失

【図1】



【図3】



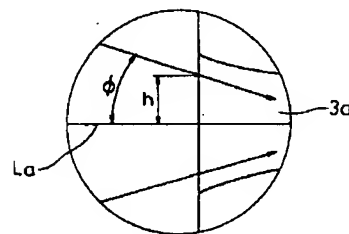
8

失図である。

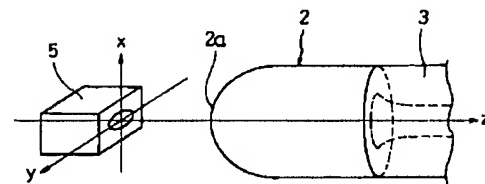
【符号の説明】

- |          |               |
|----------|---------------|
| 1        | レンズ付きファイバ     |
| 2        | コアレスファイバ      |
| 2a       | 凸曲面           |
| 3        | コア拡大ファイバ      |
| 3a       | コア            |
| 5        | レーザダイオード      |
| D        | 作動距離          |
| L        | 長さ(コアレスファイバの) |
| La       | 光軸            |
| R        | 曲率半径(凸曲面の)    |
| h        | 入射位置          |
| $\theta$ | 出射角           |
| $\phi$   | 入射角           |

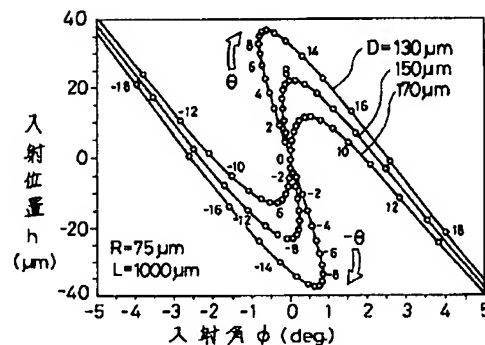
【図2】



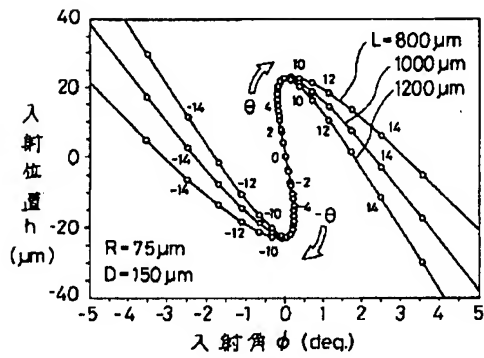
【図4】



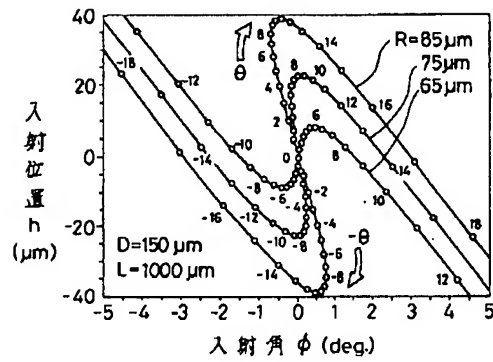
【図5】



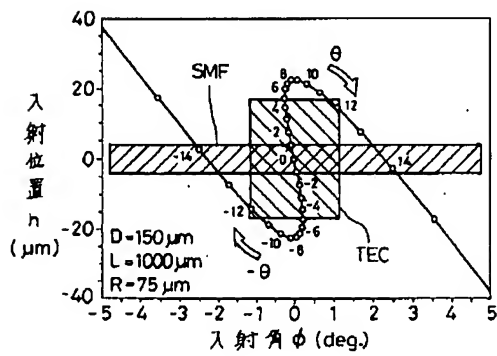
【図6】



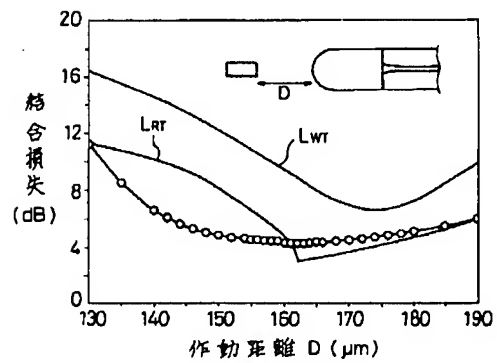
【図7】



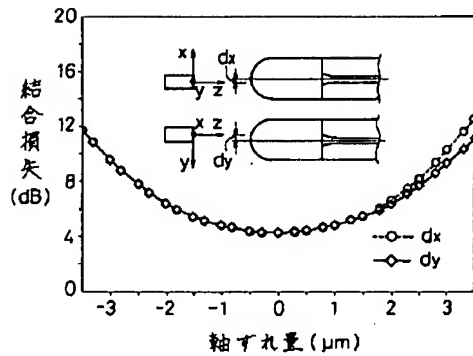
【図8】



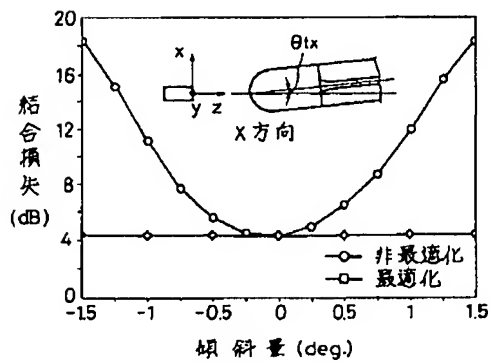
【図9】



【図10】

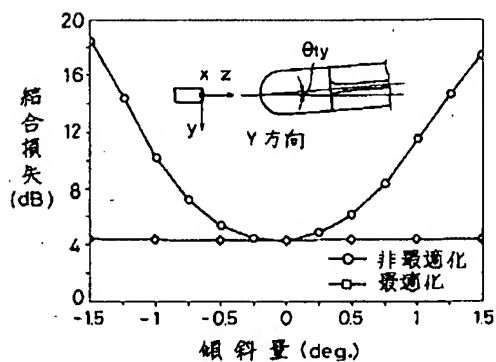


【図11】





【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 松村 和仁  
 栃木県宇都宮市若草2丁目1番12号 若草  
 第二住宅1-8号  
 (72)発明者 小山 直人  
 栃木県宇都宮市陽東2丁目13番7号 レジ  
 デンス寿102号

(72)発明者 大石 勇  
 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
 河電気工業株式会社内  
 (72)発明者 須賀 繁  
 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
 河電気工業株式会社内